

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-067400  
(43)Date of publication of application : 10.03.1995

(51)Int.Cl.

H02P 21/00

(21)Application number : 05-215527

(71)Applicant :

MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD

(22)Date of filing : 31.08.1993

(72)Inventor :

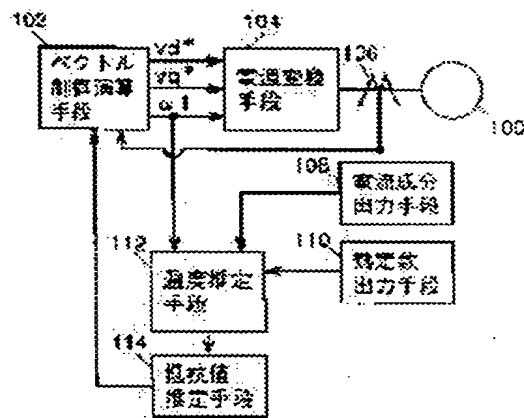
NARASAKI KAZUNARI  
MATSUURA SADAHIRO  
INOUE ISAMU  
SATO SHIGERU  
IGARASHI YOSHIKI

## (54) ESTIMATING DEVICE FOR CONSTANT OF INDUCTION MOTOR

### (57)Abstract:

**PURPOSE:** To accurately perform vector control using a resistance using the constant estimating device of an induction electric motor which can accurately calculate and estimate the resistance of a conductor.

**CONSTITUTION:** A temperature estimation means 112 calculates the loss due to present and past copper loss and iron loss using the current and past values of a frequency command output from a vector control operation means 102 and those of a current component value output from a current component output means 108. Then, a final temperature increase is calculated for each loss and each temperature increase is superposed considering the time lag due to a thermal time constant to calculate a present temperature. Using the temperature of resistance output from the temperature estimation means 112, a resistance estimation means 114 outputs resistance based on the correspondence map between temperature and resistance. Then, the resistance output from the resistance estimation mean 114 is inputted to the vector control operation means 102, thus accurately obtaining slip frequency etc.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-67400

(43) 公開日 平成7年(1995)3月10日

(51) Int.Cl. <sup>9</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 2 P 21/00		9178-5H	H 0 2 P 5/ 408	D
		9178-5H		A

審査請求 未請求 請求項の数3 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平5-215527

(22) 出願日 平成5年(1993)8月31日

(71) 出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72) 発明者 橋崎 和成

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(72) 発明者 松浦 貞裕

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(72) 発明者 井上 勇

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(74) 代理人 弁理士 小鍛冶 明 (外2名)

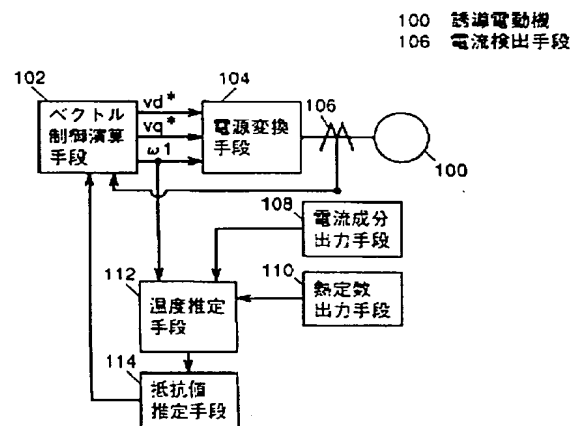
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 誘導電動機の定数推定装置

(57) 【要約】

【目的】 導体の抵抗値を精度良く演算推定することを可能とする誘導電動機の定数推定装置に関し、この抵抗値を用いベクトル制御を高精度に行う。

【構成】 温度推定手段112はベクトル制御演算手段102から出力される周波数指令の現在値と前歴値と電流成分出力手段108から出力される電流成分値の現在値と前歴値を用いて現在と過去の銅損と鉄損による損失を演算する。そして各々の損失に関して最終温度上昇を演算し、熱時定数による時間遅れを考慮して各々の温度上昇分を重ね合わせ現在の温度を演算する。温度推定手段112から出力される抵抗の温度を用いて抵抗値推定手段114は温度と抵抗との対応マップに基づき抵抗値を出力する。そして抵抗値推定手段114から出力された抵抗値をベクトル制御演算手段102に入力し正確なすべり周波数等を求める。



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】誘導電動機の導体の抵抗値を用いて入力指令値を演算し前記誘導電動機をベクトル制御するものにおいて、ベクトル制御演算によって求められた励磁周波数あるいは回転周波数の現在値あるいは前歴値の少なくとも一つを出力するベクトル制御演算手段と、トルク分や励磁分電流の現在値あるいは前歴値の少なくとも一つを出力する電流成分出力手段と、予め設定された熱時定数などの熱定数を出力する熱定数出力手段と、前記ベクトル制御演算手段と前記電流成分出力手段と前記熱定数出力手段の出力値を用いて導体の温度を推定する温度推定手段と、前記導体温度から前記導体の抵抗値を推定する抵抗値推定手段とを備えたことを特徴とする誘導電動機の定数推定装置。

【請求項2】誘導電動機の導体の抵抗値を用いて入力指令値を演算し前記誘導電動機をベクトル制御するものにおいて、固定子の温度あるいは外気温の少なくとも一つの温度を出力する温度出力手段と、ベクトル制御演算によって求められた励磁周波数あるいは回転周波数の現在値あるいは前歴値の少なくとも一つを出力するベクトル制御演算手段と、トルク分や励磁分電流の現在値あるいは前歴値の少なくとも一つを出力する電流成分出力手段と、熱時定数などの熱変数を出力する熱変数出力手段と、前記温度出力手段と前記ベクトル制御演算手段と前記電流成分出力手段と前記熱変数出力手段の出力値を用いて導体の温度を推定する温度推定手段と、前記導体温度から前記導体の抵抗値を推定する抵抗値推定手段とを備えたことを特徴とする誘導電動機の定数推定装置。

【請求項3】温度出力手段が固定子の温度を出力する場合に、抵抗値推定手段が前記温度出力手段とベクトル制御演算手段と電流成分出力手段と熱変数出力手段の出力値を用い固定子の温度を推定し前記固定子温度の推定値と前記固定子の検出温度を比較し熱変数出力手段から出力される変数値を補正し2次導体の温度を推定することとを特徴とする請求項2記載の誘導電動機の定数推定装置。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は誘導電動機のベクトル制御を行うに際し、誘導電動機の導体の温度変化による抵抗値変化を補償するための誘導電動機の定数推定装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】特開昭57-80284号公報には、電動機の現在の回転数検出値とトルク指令値から2次導体の損失を演算し、2次導体での損失と2次磁束成分基準とトルク成分基準とに基づいて、1次導体の損失と2次導体の損失との間との相対的な大きさ関係を用いて現在の1次導体の温度検出値とから2次導体の温度を演算する方法が示されている。

2

【0003】また、特開平1-117683号公報には、誘導電動機の現在のトルク指令値、回転数及び1次導体の温度検出値を用いて2次導体の抵抗値の値を予め実験によって調べ、この結果を3次元マップとして記憶する。ベクトル制御を行う場合にマップから引きだした2次導体の抵抗値を用いる方法が示されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】以上のような従来の方法によれば、現在の温度や回転数を用いて固定子から回転子の温度を推定しているため、温度が上昇するまでの遅れを表す温度上昇の熱時定数や発熱状態を知るための回転履歴や電流履歴を考慮にいれていないため正確な温度検出が難しいという問題点がある。さらに速度センサレス誘導電動機においては回転数を検出する事が不可能であるという問題点がある。

【0005】

【課題を解決するための手段】上記問題点を解決するために本発明の誘導電動機の定数推定装置は、ベクトル制御演算によって求められた励磁周波数あるいは回転周波数の現在値あるいは前歴値の少なくとも一つを出力するベクトル制御演算手段と、トルク分や励磁分電流の現在値あるいは前歴値の少なくとも一つを出力する電流成分出力手段と、予め設定された熱時定数などの熱定数を出力する熱定数出力手段と、ベクトル制御演算手段と電流成分出力手段と熱定数出力手段の出力値を用いて導体の温度を推定する温度推定手段と、前記導体温度から前記導体の抵抗値を推定する抵抗値推定手段とを備えたものである。

【0006】さらに、固定子の温度あるいは外気温の少なくとも一つの温度を出力する温度出力手段とを備えたものである。

【0007】

【作用】本発明は上記した構成によって、ベクトル制御演算手段から出力される回転履歴や電流成分出力手段から出力される電流履歴を考慮し、さらに温度推定手段が導体が銅損や鉄損から発熱した熱が伝達される場合の熱時定数の影響を考慮して導体の温度を演算する事によって、導体の抵抗値を精度良く演算できる誘導電動機の定数推定装置を提供する事ができ、高精度なベクトル制御が可能となる。

【0008】さらに、上記の構成に温度センサを加える事によって、外気温度等により変化する伝達熱量をリアルタイムで変更でき、さらに精度良く導体の抵抗値を演算できる誘導電動機の定数推定装置を提供できることとなる。

【0009】また、これらは、ベクトル制御演算手段によって求められた励磁周波数あるいは回転周波数を用いているため、速度センサを用いる必要がない。

【0010】

【実施例】以下本発明の一実施例の誘導電動機の定数推

定装置について、図面を参照しながら説明する。

【0011】図1は本発明の第1の実施例における誘導電動機の定数推定装置の構成を示す全体図である。

【0012】図1において、100は誘導電動機、102はベクトル制御演算手段、104は電源変換手段、106は電流検出手段、108は電流成分出力手段、110は熱定数出力手段、112は温度推定手段、114は抵抗値推定手段である。

【0013】以上のように構成された誘導電動機の定数推定装置についてその動作を説明する。

【0014】誘導電動機の応答性を向上させるためのベ\*

$$\begin{vmatrix} i_d \\ i_q \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \cos \omega_1 t & \sin \omega_1 t \\ -\sin \omega_1 t & \cos \omega_1 t \end{vmatrix} \begin{vmatrix} i_u \\ i_v \end{vmatrix} \quad 10 \quad \text{【数1】}$$

【0017】ここで、 $\omega_1$ は固定子の励磁周波数（指令周波数）である。これらはベクトル制御演算手段102にも入力され、一例として電気学会論文集D、107巻2号、昭62に示される方法により1次導体の抵抗値等の誘導機定数を用いてd-q軸の1次指令電圧（ $v_d^*$ 、 $v_q^*$ ）が演算され電源変換手段104に出力される。

【0018】次に、電源変換手段104は次式の演算を行い一次電圧の大きさ、位相を求める。

【0019】

【数2】

$$\begin{aligned} |V_1| &= \sqrt{v_d^{*2} + v_q^{*2}} \\ \theta &= -\tan^{-1} \frac{v_q^*}{v_d^*} \end{aligned}$$

【0020】さらに、ベクトル制御演算手段102は周波数指令 $\omega_1$ を以下の過程により求める。

【0021】まず、すべり周波数の推定値 $\omega_s'$ を次式によって演算する。

【0022】

【数3】

$$\omega_s' = \frac{R_2 i_q}{L_2 i_d}$$

【0023】次に速度推定値 $\omega_r'$ を $\omega_r' = \omega_1' - \omega_s'$ により演算出力し速度指令値 $\omega_r$ と比較し速度偏差 $e_r$ を求める。

【0024】そして速度偏差 $e_r$ を用いて演算されたトルク電流指令値 $i_d^*$ と電流成分出力手段108から、出力されるトルク電流検出値 $i_d$ の偏差をP-I制御し、周波数指令 $\omega_1$ を求める。そして周波数指令 $\omega_1$ は電源変換手段104へ出力される。

【0025】電源変換手段104はさらに次の動作を行う。まずd-q軸の1次指令電圧（ $v_d^*$ 、 $v_q^*$ ）を静止座標系の値に変換する。そして静止座標値と先に求めた位相や周波数指令 $\omega_1$ の積分値を用い、さらに二相-三相変換を行い、三相の電圧指令値（ $v_u^*$ 、 $v_v^*$ 、 $v_w^*$ ）を演算し出力する（公知のため図は省略）。そして、P

\*クトル演算の内容については、学会等で多く発表されている。そこで、ベクトル制御の内容については簡単に説明する。

【0015】誘導電動機100に実際に印加される三相の電流値（ $i_u$ 、 $i_v$ 、 $i_w$ ）を、電流検出手段102により各々検出する。そして電流成分出力手段108は、回転座標系を示すd-q軸で表された励磁電流成分 $i_d$ 、トルク電流 $i_q$ を以下の式を用いて求める。

【0016】

【数1】

WMインバータにより各電圧指令と搬送波信号比較して得られるパルス幅変調信号に従い各相出力電圧が制御されて出力され誘導電動機100のベクトル制御が行われる。

【0026】以上のようにベクトル制御を行う場合に、本発明のポイントである導体の抵抗値を推定する方式について説明する。ここで、温度変動により導体の抵抗値に設定誤差が生じると（数3）で明かなように速度の推定誤差や様々な演算誤差を発生させる事となりベクトル制御が高精度に行われなくなる。しかし、電動機の電気系の状態方程式だけに基づいて2次抵抗を補償する事はほとんど不可能である。

【0027】ここでまず、温度上昇を生じさせる原因について考える。1次導体及び2次導体の温度上昇はヒステリシス損 $P_{th}$ やうず電流損 $P_{le}$ からなる鉄損や銅損 $P_{la}$ により発生する。

【0028】以下の式に示すように鉄損は交番磁界周波数の大きさに比例し、銅損は導体を流れる電流値の2乗に比例する。

【0029】

【数4】

$$P_{th} = \epsilon \frac{f}{100} B_a^2$$

$$P_{le} = \sigma \left( \frac{f}{100} \right) B_a^2$$

$$P_{la} = k_c R I^2$$

【0030】ここで、 $f$ は交番磁界周波数であり1次側は周波数指令 $\omega_1$ 、2次側はすべり周波数 $\omega_s$ に相当する。また、 $B_a$ は平均磁束密度、 $\epsilon$ 、 $\sigma$ は珪素鋼板の種類や厚さにより決まる定数、 $k_c$ は発熱定数である。

【0031】ここで、回転導体（2次側の導体）そのものの温度上昇は2次銅損が主原因であり、固定子の鉄損や銅損の影響は2次側には放射熱として影響する。2次鉄損は固定子と回転子の相対速度であるすべり周波数を用いて演算されるが、1次の周波数指令に対し数%で

あるので2次鉄損は無視しても影響がない。

【0032】次に、上記の損失により発生する導体の温度は次式により得られる。

【0033】

【数5】

$$T = T_m (1 - e^{-t/\tau}) + T_0$$

$$T_m: \text{最終温度上昇} \left( \frac{Q - Q_{out}}{hA} \right) [\text{deg}]$$

$$\tau: \text{熱時定数} \left( \frac{C}{hA} \right) [\text{sec}]$$

【0034】ここで、Cは物体の熱容量[J/deg]、Aは物体の放熱面積[m<sup>2</sup>]、hは物体表面の放熱係数[W/deg・m<sup>2</sup>]、Qは損失[W]、Tは物体の温度[deg]、T<sub>0</sub>は温度の初期値[deg]、tは時間[s]である。Q<sub>out</sub>は外部への伝達熱量であり、一般的には発熱体温度と雰囲気温度との温度差や発熱体周囲の空気の流量によって決まる。

【0035】ここで、最終温度上昇T<sub>m</sub>は1次側では周波数指令と励磁電流値、2次側ではトルク電流値によってきまり、(数5)で示すように熱時定数をもって温度は上昇して行くと考え事ができる。

【0036】即ち、温度推定手段112は、ベクトル制御演算手段102から出力される周波数指令の現在値と、電流成分出力手段108から出力される電流成分値の現在値を用いて(数4)から損失を求める。ここで、ε、σ、k<sub>0</sub>などは前もって測定し与えておく。

【0037】次に、温度推定手段112は、熱定数出力手段110から出力される熱係数である物体の熱容量C、物体表面の放熱係数h、物体の放熱面積A、外部への伝達熱量Q<sub>out</sub>を用いて、(数5)の第2式により1次側、2次側それぞれの最終温度上昇T<sub>m</sub>を求める。ここで、C、h、Aは予め実験等で一定値を求め設定しておく。

【0038】またQ<sub>out</sub>も発熱体温度の関数として予め \*

$$T = 0.01T_{m1} + 0.0099T_{m2} + 0.0098T_{m3} + T_0$$

【0047】ここで、初期値T<sub>0</sub>は一般的な室内温度を与えておく。このように温度推定手段112は、ベクトル制御演算手段102から出力される周波数指令の現在値と、電流成分出力手段108から出力される電流成分値の現在値を用いて、現在の銅損と鉄損による損失を演算する。

【0048】そして各々の時刻で演算された損失に関して最終温度上昇を演算し、熱時定数による時間遅れを考慮して各々の温度上昇分を重ね合わせ現在の温度を演算する。

【0049】この事は言い替えば、周波数指令の現在値と前歴値及び電流成分値の現在値と前歴値を用いて、現在の温度を演算していると考え事もできる。

【0050】次に温度推定手段112から出力される温

\* 設定しておく。Q<sub>out</sub>は、導体の温度演算値が室温程度である場合はQ<sub>out</sub> = 0とし、導体の温度演算値が高くなるとQ<sub>out</sub>は大きくなるような温度の関数である。

【0039】そして、例えば熱時定数τの1/100

[sec]の間、即ちt = 0 ~ 0.01τのみ損失により発熱した場合を考える。0.01τ経過後の温度上昇分T(t+1)は、(数5)の初期値T<sub>0</sub>を削除した式に値を代入する事により、容易にT(t-1) = 0.01T<sub>m</sub>と求まる。さらに0.01τ経過毎の温度上昇分T(T+2)、T(T+3)は、(数6)に値を代入する事により容易に求まる。ここで、(数6)の時間tは損失が発生した時点をとt = 0とする。

【0040】この場合1次及び2次導体の温度を各々個別に求める。

【0041】

【数6】

$$T = T(t+1)e^{\frac{-t+0.01\tau}{\tau}}$$

【0042】(数6)はT<sub>t</sub>を求める温度、T<sub>t-1</sub>を前回は求めた温度とするとT<sub>t</sub> = 0.99T<sub>t-1</sub>で容易に求まる。

【0043】即ち、時間の経過とともに温度T(t+1)、T(t+2)、T(T+3)は以下になる。

【0044】

【数7】

$$T(t+1) = 0.01T_m$$

$$T(t+2) = 0.0099T_m$$

$$T(t+2) = 0.0098T_m$$

【0045】そして、現在、前回、前々回の損失計算を基に各々計算された最終温度値T<sub>m1</sub>、T<sub>m2</sub>、T<sub>m3</sub>を用いて現在の温度を求める場合は以下の式により求められる。

【0046】

【数8】

度を用いて抵抗値推定手段114は予め実験等により求めた温度と抵抗との対応マップに基づき抵抗値を出力する。

【0051】そして抵抗値推定手段114から出力された抵抗値をベクトル制御演算手段102に入力し(数3)を用いて正確なすべり周波数等を求める事が可能となり、誘導電動機を高精度にベクトル制御する事が可能となる。

【0052】尚、1次導体の抵抗値変動は無視して2次導体の抵抗値変動のみを簡易に演算したい場合には電流成分出力手段108から出力されるトルク成分電流値のみを用いて2次銅損のみを用いて演算しても良い。

【0053】さらに、電流検出手段106と電流成分出力手段108の間に積分回路やLPFを挿入し、加工し

た電流値を用いて電流成分出力手段108が電流成分を演算しても同様の効果を得る事ができる事は言うまでもない。

【0054】また、2次側は導体部だけ演算しているが導体部の周りの珪素銅板の部分の損失を演算し、熱伝導を考慮する事によって2次側の温度演算の精度は上がり同様の効果がある事は明かである。

【0055】電流値は実際に誘導電動機に印加された電流値を用いているが、電流指令値を用いる事によっても精度が落ちるがほぼ同様の効果がある。

【0056】次に、本発明の第2の実施例として、温度センサを用いてさらに精度よく抵抗を推定する誘導電動機の定数推定装置について、図面を参照しながら説明する。

【0057】図2は本発明の第2の実施例における誘導電動機の定数推定装置の構成を示す全体図である。図2は図1において外気温出力手段を付加したものある。温度推定手段212と熱変数出力手段210を除く手段は第1の実施例で述べたものと同様である。そこで同様の動作を行うものについては説明を省略する。

【0058】図2において、200は外気温出力手段、210は熱変数出力手段、212は温度推定手段である。

【0059】以上のように構成された誘導電動機の定数推定装置について、その動作を説明する。

【0060】まず、外気温出力手段200である温度センサにより検出された外気温度は、熱変数出力手段210に出力される。

【0061】熱変数出力手段210は、外気温と発熱体温度に基づき、外部への伝達熱量 $Q_{out}$ を変更する。外気温と発熱体温度と外部への伝達熱量 $Q_{out}$ との関係は予め実験等により求めておく。

【0062】ここで、上記の第1の実施例では外気温を検出していないため、 $Q_{out}$ は発熱体温度の関数として設定しており、本実施例とは異なる事に注意する。即ち、 $Q_{out}$ は発熱体と外気温との温度差によって変化するため、本実施例では発熱体温度が一定であっても、外気温が低いと外部への伝達熱量 $Q_{out}$ は大きく、外気温が高いと $Q_{out}$ は小さい値をとる。

【0063】次に、外気温出力手段200から出力された外気温は温度推定手段212に出力される。

【0064】(数5)から明かなように、誘導電動機の運転開始時などにさらに正確に温度 $T$ を求めるためには、温度の初期値を入力する必要がある。

【0065】そこで、温度推定手段212は、外気温出力手段200から出力された外気温を温度初期値 $T_0$ として用い、さらに熱変数出力手段210から出力される先に述べた $Q_{out}$ 等を用いて、(数5)により導体の温

度を演算する。

【0066】後の動作は上記の第1の実施例と同様であり説明を省略する。以上のように、外気温出力手段200より検出された外気温度は、熱変数出力手段210の変数をリアルタイムに変更する事により、さらに正確な導体の温度を演算できる事となり、高精度なベクトル制御が可能となる。

【0067】尚、外気温の代わりに固定子の温度を測定する場合は、固定子側の抵抗値は容易に求まる。さらに固定子側の測定温度と、1次側の損失から求められた演算による固定子側の温度を比較し、測定値と演算値が等しくなるように主として外部への伝達熱量 $Q_{out}$ を補正する。そして補正した外部への伝達熱量 $Q_{out}$ などを用いて回転子側の温度を演算推定する事で、更に高精度な抵抗を求める事が出来る。

【0068】尚、上記の場合は外部への伝達熱量 $Q_{out}$ ではなく放熱係数など様々な修正パラメータが考えられ、適用時に実状にあった修正パラメータを選ぶ事が可能である。

【0069】

【発明の効果】以上のように本発明は、温度推定手段112が、ベクトル制御演算手段102から出力される周波数指令の現在値と、前歴値と電流成分出力手段108から出力される電流成分値の現在値と前歴値を用いて、現在と過去の銅損と鉄損による損失を演算する。そして各々の損失に関して最終温度上昇を演算し、熱時定数による時間遅れを考慮して各々の温度上昇分を重ね合わせ現在の温度を演算する事で、正確な抵抗を求める事が可能となり、誘導電動機を高精度にベクトル制御を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

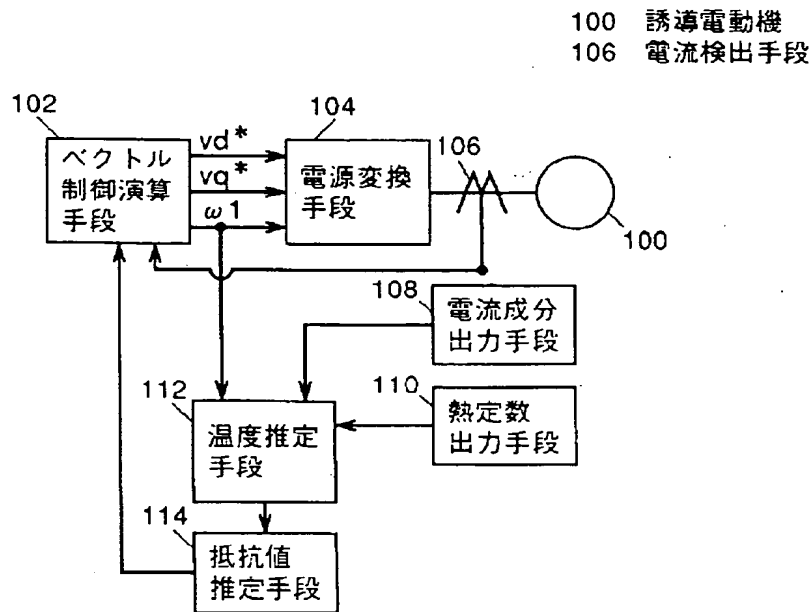
【図1】本発明の第1の実施例における誘導電動機の定数推定装置の構成を示す全体図

【図2】本発明の第2の実施例における誘導電動機の定数推定装置の構成を示す全体図

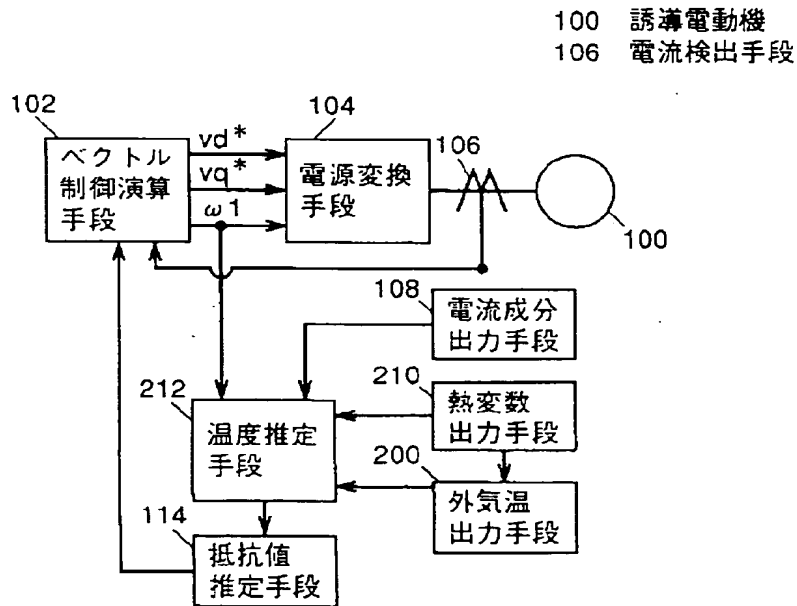
【符号の説明】

100 誘導電動機  
102 ベクトル制御演算手段  
104 電源変換手段  
106 電流検出手段  
108 電流成分出力手段  
110 熱定数出力手段  
112 温度推定手段  
114 抵抗値推定手段  
200 外気温出力手段  
210 熱変数出力手段  
212 温度推定手段

【図1】



【図2】



フロントページの続き

(72)発明者 佐藤 繁  
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(72)発明者 五十嵐 祥晃  
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内